L'HYDROLOGIE CANADIENNE

FACE AUX ENJEUX D'UN MONDE EN ÉVOLUTION

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES
CANADA

COMITÉ ASSOCIÉ
D'HYDROLOGIE

Canada

L'HYDROLOGIE CANADIENNE :

Face aux enjeux d'un monde en évolution

Conseil national de recherches Canada
Comité associé d'hydrologie
en coopération avec
La Direction générale des eaux intérieures
Environnement Canada

Mars 1991

91-05914/

TABLE DES MATIÈRES

PROLOGUE 1

RÉSUMÉ 2

L'IMPORTANCE DE L'HYDROLOGIE POUR LES CANADIENS AUJOURD'HUI 4
Qu'est-ce que l'hydrologie? 5

UN MOMENT CRUCIAL POUR LA RECHERCHE HYDROLOGIQUE AU CANADA 6
Quel soutien les hydrologistes doivent-ils apporter aux Canadiens? 7
Les hydrologistes canadiens sont-ils prêts à faire face à ces enjeux? 8

UN DÉFI À RELEVER 12
Plan d'action pour la recherche hydrologique au Canada 12

ÉPILOGUE 17

ANNEXE A
Réunion spéciale pour l'évaluation des besoins de recherche en hydrologie au Canada 18

PROLOGUE

La volonté des Canadiens de mettre fin à la dégradation de l'environnement et de préserver les ressources du milieu pour les futures générations fait appel à toutes les disciplines scientifiques. L'hydrologie, science du cycle de l'eau, ne fait pas exception : ses données, ses modèles et ses prévisions contribuent à résoudre les problèmes écologiques les plus urgents.

Les hydrologistes canadiens s'occupaient traditionnellement de questions pratiques liées à l'approvisionnement en eau, comme d'augmenter le débit minimum, limiter les dommages causés par les inondations et exploiter les sources d'eau souterraines, mais notre monde en évolution les entraîne maintenant dans de nouvelles directions. Le réchauffement global, l'acidification, la contamination par des substances toxiques et diverses autres agressions contre l'environnement menacent le cycle hydrologique et doivent donc être étudiés.

Une science rationnelle et progressive est essentielle à la prise de décisions judicieuses en ce qui a trait à des sujets complexes tels que la construction de réservoirs et les travaux de dérivation, la contamination par le rejet d'effluents toxiques, le nettoyage des points chauds, les changements dans les modes d'occupation des terres, les complexes hydro-électriques et les industries nordiques. L'augmentation récente de la demande pour prévisions précises et à long terme, de l'effet des activités de développement sur le cycle hydrologique a montré que notre connaissance de base n'est pas tout à fait suffisante pour relever ce défi. Nous devons améliorer notre connaissance pour savoir comment le cycle hydrologique est affecté par les activités humaines et conserver un savoir-faire de premier ordre.

L'évolution globale de l'environnement est un défi pour les hydrologistes qui doivent élargir et intégrer leur connaissance de base en hydrologie à un rythme assez rapide pour répondre à la demande d'une force de prévision. Au Canada, les spécialistes de la recherche en hydrologie ont le potentiel d'exercer cet effort et de relever ce défi. Le temps est venu pour le Canada d'acquérir de nouvelles connaissances en hydrologie et de fixer des objectifs et des priorités de recherches constructives et réalistes. Nous devons réorienter nos recherches hydrologiques vers de nouvelles voies utiles et de grande portée, si nous voulons être en mesure de relever les défis des années 1990, décennie de changement.

RÉSUMÉ

Le public, les décideurs et les chefs politiques, conscients de l'intérêt général pour les problèmes écologiques, se tournent vers les scientifiques pour solliciter des conseils. Obtenir et rendre accessible le type d'information nécessaire à la prise de décisions intelligentes et à leur justification, voilà des missions de plus en plus capitales pour les scientifiques canadiens.

Les décideurs doivent, sans plus tarder, solliciter les conseils et les compétences des hydrologistes canadiens pour au moins six problèmes écologiques, soit le réchauffement global et le changement climatique, les effets en surface des polluants atmosphériques, les éco-urgences, les réserves et la qualité des eaux superficielles et souterraines, les changements majeurs dans l'utilisation des terres et l'impact de la dérivation des eaux. Dans les années 1990, les recherches hydrologiques doivent, de toute évidence, se concentrer sur ces priorités.

Au Canada, le domaine de la recherche hydrologique est presque prêt à fournir une réponse efficace. Il possède d'excellents atouts. La structure institutionnelle (scientifiques, laboratoires et organismes de financement) nécessaire à un changement rapide d'orientation de la recherche est, dans une certaine mesure, déjà en place. La communauté des hydrologistes canadiens entretient des relations utiles avec certaines disciplines complémentaires, telles que les sciences atmosphériques et océaniques, et il existe des possibilités croissantes de contacts avec des experts à l'étranger, par le biais des programmes de recherche multidisciplinaires mondiaux tels que l'Expérimentation sur l'énergie du globe et de l'eau. La situation géographique du Canada, sa vaste superficie et sa diversité hydroclimatique lui offrent une occasion précieuse de contribuer à la recherche mondiale et de résoudre en même temps des problèmes régionaux. Enfin, un dernier point, mais non le moindre : le pays est prêt à agir : le public accorde une importance primordiale aux questions hydrologiques et le gouvernement s'engage de plus en plus à appuyer la recherche environnementale.

Néanmoins, les hydrologistes canadiens doivent prendre conscience des faiblesses notables du domaine et leur trouver des solutions, s'ils veulent relever les défis de notre époque moderne. Peu de centres de recherche ont l'envergure et la solidité nécessaires pour entreprendre de grands projets de portée nationale. De plus, le nombre de scientifiques qui participent activement à la recherche hydrologique fondamentale est trop faible comparativement à l'ampleur et à la complexité des enjeux écologiques. Les compétences en recherche hydrologique se concentrent généralement en science appliquée plutôt qu'en science pure. Les connaissances hydrologiques sont réparties inégalement à travers le pays; cependant, il est vital de disposer de données de toutes les régions pour étudier les questions telles que le changement climatique. Enfin, à l'heure actuelle, il n'existe pas suffisamment de recherches intégrant réellement l'hydrologie à d'autres domaines connexes et aux géosciences.

Les dirigeants de la communauté de chercheurs en hydrologie concluent qu'il faut agir dans les plus brefs délais pour raviver l'intérêt pour l'hydrologie fondamentale et préparer le terrain à l'intensification de la collecte de données, des expériences et des communications avec les bénéficiaires de la recherche. À cet effet, le Canada doit :

1. Accorder, en matière de recherche hydrologique, une priorité absolue :
   - aux interactions de la terre et de l'atmosphère dans le cycle hydrologique;
   - aux constituants biologiques et chimiques du cycle hydrologique;
   - aux observations coordonnées à l'échelle planétaire;
   - à la mise à l'échelle intégrée des processus hydrologiques.

2. Mettre au point un programme national de formation qui permettra de satisfaire les besoins projetés de compétences en hydrologie.

3. Établir un programme intégré de surveillance de l'environnement à l'échelle nationale, en collaboration avec les gestionnaires de programmes et les décideurs qui utiliseront les séries de données recueillies.

4. Étendre et améliorer les applications de la nouvelle technologie pour déterminer l'apport hydrologique dans l'évolution globale de l'environnement.

5. Améliorer les communications entre les hydrologistes de la communauté nationale et internationale et dans l'administration publique.

6. Créer de nouveaux fonds pour la recherche interdisciplinaire en hydrologie intégrant une dimension socio-économique.

7. Créer un fonds pour la participation canadienne aux programmes de recherche mondiaux.

Ces mesures conduiront progressivement la recherche et le savoir-faire en hydrologie au coeur des problèmes environnementaux et de la quête d'un avenir durable. Le temps est venu pour l'hydrologie de relever le défi écologique actuel et pour les scientifiques des laboratoires canadiens, des universités et des services de recherche de soutenir des politiques compatibles avec la réalité sociale, économique et écologique.

L'IMPORTANCE DE L'HYDROLOGIE POUR LES CANADIENS AUJOURD'HUI

L'eau est la ressource naturelle la plus abondante du Canada. Ici comme à l'étranger, la valeur stratégique de cet héritage naturel devient de plus en plus évidente à mesure que s'accroissent les pressions locales, régionales, continentales et planétaires sur cette ressource (telles que la pollution, les dérivations et le changement climatique).

Le Canada est reconnu pour ses réalisations techniques dans le domaine de la gestion des eaux. Cependant, au cours des années 1980, on s'est rendu compte des limites des compétences canadiennes. Le caractère planétaire et la complexité des questions écologiques ont dévoilé des problèmes dont la propagation est plus rapide que leur résolution, un manque frustrant de connaissances scientifiques de base dans le domaine et l'isolement involontaire des hydrologistes des autres spécialistes en sciences de l'environnement.

À défaut de connaissances scientifiques, la prise de décisions à l'égard de la qualité et de la quantité de nos ressources en eau repose sur de simples conjectures. Les lacunes dans notre savoir nous empêchent d'établir des liens de cause à effet. Des conséquences imprévues se sont révélées fâcheuses et leur solution, coûteuse, voire impossible; enfin, le public a remis en cause la sagesse du développement et des décideurs. Le manque de connaissances en hydrologie peut coûter cher en vies humaines et en argent.

Le coût de l'ignorance

- Dans la région intérieure de la Colombie-Britannique, trois personnes ont été tuées par un glissement boueux, au bas du versant d'une coupe à blanc, durant les pluies abondantes du mois de juin 1990. Des changements dans la configuration, la quantité et la période du ruissellement ont contribué à déclencher le glissement. De meilleures connaissances en hydrologie auraient pu aider à prévoir ces changements.
- Dans le delta Paix-Athabasca, l'incapacité à prévoir les impacts majeurs du barrage Bennett a nécessité une « intervention » perpétuelle dans les processus naturels. Une chute du niveau d'eau en aval a entraîné une baisse de 38 % des eaux superficielles et une réduction de 36 % de la longueur des berges du delta, en plus d'une diminution considérable des populations de sauvagine, de rats musqués et de poissons. On a construit deux déversoirs, au coût de 2 millions de dollars, afin de rectifier les niveaux d'eau, mais les pertes subies par la collectivité biologique semblent irréversibles. En outre, de nouveaux problèmes continuent d'apparaître : les canaux naturels risquent d'endommager les déversoirs et on estime qu'il en coûterait au départ 7 millions de dollars pour contrôler la situation, plus 70 000 $ d'entretien annuel.
- De 1969 à 1980, des solvants usés de laboratoires ont été incinérés dans des tranchées sans revêtement d'une décharge municipale, dans la région de la Capitale nationale. L'aquifère est contaminé par des substances organiques toxiques, dont les teneurs dépassent largement les normes recommandées pour l'eau potable. La contamination de l'eau souterraine s'étend jusqu'à plus de 400 mètres du site d'enfouissement, qui est relativement petit. Un plan pluriannuel de décontamination de la nappe phréatique est actuellement mis en place, dont le coût s'élèvera jusqu'à concurrence de 5 millions de dollars.
- Sur l'île-du-Prince-Édouard, des teneurs dangereusement élevées en aldicarbe, insecticide toxique, ont été décelées dans un aquifère dans des grès, sous un champ de pommes de terre, 4 ans après l'application du produit. La recherche hydrologique a permis, après coup, de relier le problème à la température du sol et à la présence d'engrais au nitrate; si la question avait été étudiée avant plutôt qu'après l'utilisation de l'insecticide, on aurait pu établir de meilleures directives et rendre son utilisation plus sûre.

La recherche ponctuelle est très importante et, pendant des décennies, l'attention des hydrologistes s'est concentrée sur les problèmes techniques des ingénieurs et des agriculteurs plutôt que sur les mécanismes élémentaires du cycle hydrologique. La solution de ces problèmes techniques continue d'être aussi urgente; en fait, les problèmes quotidiens dans la conception et le fonctionnement des ouvrages de régularisation des eaux, l'utilisation de l'eau souterraine et la lutte contre la pollution prendront de l'importance à mesure que l'intérêt du public pour les enjeux planétaires sera de plus en plus axé sur les conditions locales. Cependant, l'influence insuffisante de l'hydrologie comme géoscience et les lacunes du savoir scientifique de base sur les répercussions écologiques risquent de limiter la capacité des ingénieurs hydrologistes à trouver des solutions durables à des problèmes de plus en plus complexes.

Qu'est-ce que l'hydrologie?

L'hydrologie est la science qui étudie les eaux terrestres, leur emplacement, leur circulation et leur répartition sur la Terre, leurs propriétés physiques et chimiques et leurs interactions avec le milieu physique et biologique, y compris les répercussions des activités humaines. Comme les autres géosciences, elle s'appuie sur les sciences pures des mathématiques, de la chimie, de la physique et de la biologie, et a pour objet l'étude et la compréhension des phénomènes naturels.

L'hydrologie comprend tous les processus physiques du cycle hydrologique et intègre dans le temps et l'espace les changements de l'eau, de l'énergie et des substances chimiques résultant de l'efficacité de l'eau comme solvant. Le cycle hydrologique comprend donc non seulement la circulation de molécules d'eau et d'énergie, mais également le transport et l'évacuation de solutions, de particules en suspension et de petits organismes vivant dans le sol, l'eau souterraine et l'eau superficielle.

L'hydrologie porte d'abord sur l'eau et le milieu terrestre; cependant, elle étudie également les processus de l'évaporation, de la condensation, de la précipitation, de l'advection, du gel et du dégel. D'autres sciences traitent également ces phénomènes et leur domaine chevauche donc celui du cycle hydrologique; elles comprennent notamment les sciences atmosphériques et océaniques, ainsi que la glaciologie. Voilà l'une des raisons pour lesquelles les hydrologistes devraient collaborer régulièrement avec des scientifiques d'autres domaines et avec les décideurs; ils pourraient ainsi partager des données, des modèles et des conclusions et tirer profit de leurs intérêts communs.

Il devient de plus en plus évident que l'hydrologie appartient, elle aussi, aux sciences de l'environnement. Des aspects vitaux de l'aménagement du milieu, tels que la planification de l'utilisation intégrée des terres et des ressources en eau, l'utilisation maximale des pluies locales rares et l'adaptation aux changements climatiques font appel à des équipes de scientifiques comprenant des hydrologistes qualifiés. Il faut comprendre autant que possible les processus hydrologiques afin de réparer les dommages causés au milieu naturel et rendre l'environnement sûr, agréable, productif et rentable.

L'élargissement de notre savoir et l'intensification du travail d'équipe ne suffisent pas. Il faut choisir des secteurs d'étude prioritaires, ce qui a toujours été une tâche ardue pour le Canada, en raison des différences régionales légitimes qui reflètent la diversité hydroclimatique du pays. De plus, le Canada doit développer ses forces actuelles et intensifier sa participation aux programmes scientifiques et technologiques internationaux. Enfin, les hydrologistes doivent jouer un rôle de premier ordre dans la définition de « l'infrastructure » de leur discipline, ses données de base, ses principes fondateurs et ses méthodes de formation. Ceci fait, le Canada sera vraiment prêt à jouer son rôle mondial et gérer ses problèmes nationaux.

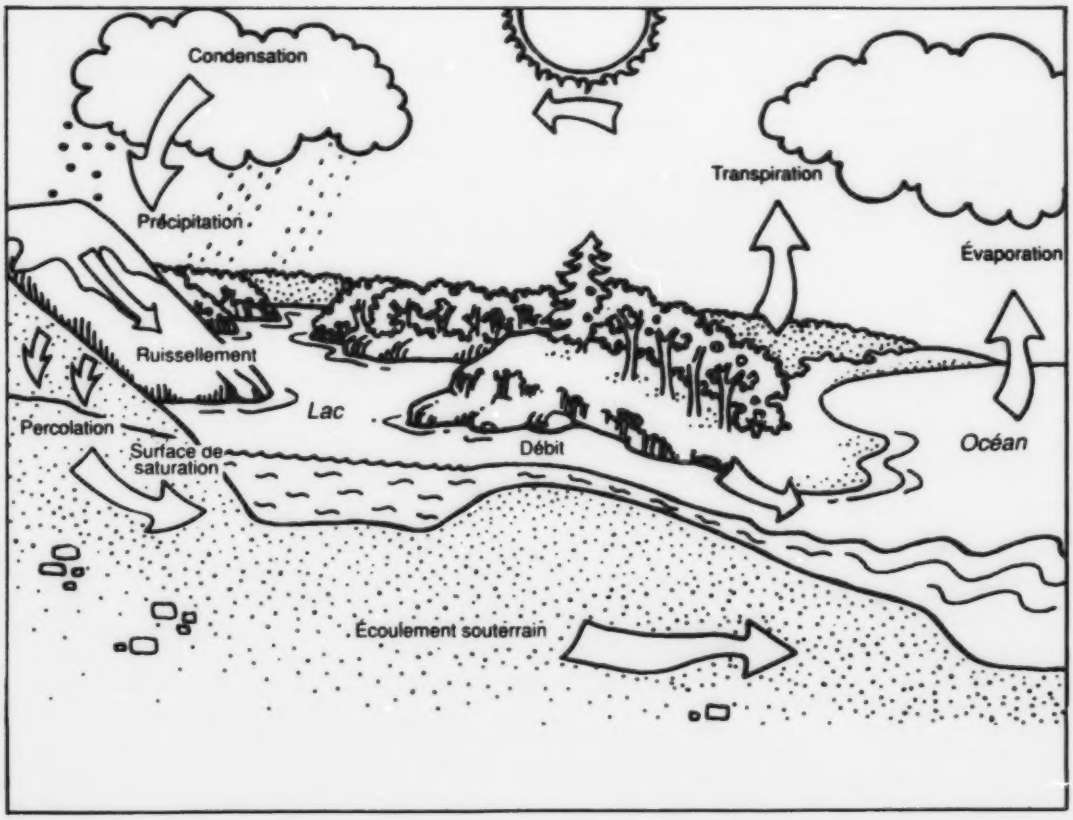

Figure 1
Le cycle hydrologique

UN MOMENT CRUCIAL POUR LA RECHERCHE HYDROLOGIQUE AU CANADA

Les chefs politiques, sensibles à l'intérêt du public pour les problèmes écologiques, se tournent vers les scientifiques pour obtenir leurs conseils. L'ancien ministre de l'Environnement, le député Charles Caccia, a très bien décrit la situation lors de la première assemblée annuelle du Programme canadien des changements à l'échelle du globe. Après avoir passé toute la matinée à écouter des rapports détaillés sur des sujets allant de la télédétection à la paléoclimatologie, il a déclaré (traduction libre) :

Je suis resté ici à écouter des choses que je ne peux espérer comprendre un jour et, pourtant ... j'ai senti qu'elles sont très importantes pour notre avenir. Mais vous, (scientifiques), devez être sensibles au fait que l'esprit politique est impuissant sans le type d'information qui permet de prendre des décisions intelligentes et de les défendre. Jusqu'ici, cette information n'a pas été accessible.

Pour les scientifiques canadiens, assurer l'accessibilité de ce type d'information est un impératif majeur. Les scientifiques doivent dépasser le cadre de leurs observations, de leurs expériences et de leurs modèles, et s'assurer que leurs découvertes sont appliquées dans les politiques gouvernementales. Le public doit encourager la collecte de données et la recherche prioritaire qui conduisent à l'élaboration de politiques et de programmes nationaux durables. Les décideurs doivent établir et clarifier leurs exigences et fixer des priorités d'une manière rationnelle, qui gagnera l'appui continu de la population. Si l'on réussit à réunir ces éléments, le Canada peut réussir à faire des années 1990 une décennie cruciale pour le progrès de l'hydrologie et de l'environnement.

Quel soutien les hydrologistes doivent-ils apporter aux Canadiens?

Autrefois, on a gravement négligé le fait que l'eau est l'essence de la vie. L'absence d'hydrologistes aux discussions sur le développement a masqué la menace inquiétante de la pression exercée par la population sur les ressources aquatiques étonnamment limitées du Canada. En outre, vu les caractéristiques spécifiques de l'eau, sa mobilité générale et son rôle fondamental dans tous les processus de la vie, les polluants se répandent facilement par la voie hydrologique. La mauvaise qualité de l'eau engendre donc une multitude de répercussions écologiques et cause une réduction de l'alimentation en eau potable. Par conséquent, les besoins des Canadiens en tant que société peuvent orienter la recherche hydrologique prioritaire. En particulier, il existe au moins six secteurs critiques qui requièrent les conseils et le savoir-faire des hydrologistes canadiens.

Réchauffement global et changement climatique. L'industrialisation de la planète aux XIX^{e} et XX^{e} siècles a fait naître une nouvelle préoccupation que les activités humaines peuvent avoir un effet dommageable sur les systèmes naturels de la terre. L'ampleur prévue du changement climatique dépasse tout ce que l'homme a jamais vu et met en question notre capacité de prévoir les conséquences de ce changement sur les écosystèmes ou même la disparition de certains d'entre eux. Les hydrologistes, en collaboration avec leurs collègues d'autres disciplines, ont donc pour mission de comprendre les liens entre les processus hydrologiques atmosphériques et terrestres, afin de réussir à construire de bons modèles prévisionnels de l'influence humaine sur le climat.

Devenir des polluants atmosphériques toxiques transportés sur de longues distances. Au Canada, le problème des pluies acides nous a fait prendre conscience de l'importance de comprendre la manière dont les polluants atmosphériques pénètrent dans le cycle hydrologique d'écosystèmes particuliers, interagissent avec lui pour ensuite le quitter. La difficulté est ici de savoir comment se comportent les éléments d'origine naturelle, tels que le carbone, l'azote et le soufre, à l'intérieur du cycle, ce qui nous permettra de détecter et d'interpréter les effets d'une charge additionnelle due aux activités humaines.

Éco-urgences. Toutes les éco-urgences (les déversements d'hydrocarbures, les fuites radioactives, l'incendie de dépotoirs de pneus et les déchets toxiques) ont inévitablement des répercussions sur le cycle hydrologique et l'habitat aquatique. Les tentatives de solution à la source font appel à un type de savoir-faire maintenant disponible au Canada; cependant, les améliorations à grande portée nécessitent le recours au savoir spécialisé des hydrologistes sur le cheminement et le comportement des substances toxiques dans le cycle. Les hydrologistes canadiens pourront jouer un rôle capital, ici et à l'étranger, s'ils réussissent à approfondir leurs connaissances des liens entre les cycles hydrologiques terrestres et les circulations atmosphérique et océanique. Ils doivent mieux comprendre les lois physiques fondamentales qui régissent le mouvement dans les systèmes souterrains et les facteurs qui déterminent le sort des polluants aquatiques à diverses températures et dans des conditions biologiques et chimiques variées.

Quantité et qualité des eaux superficielles et souterraines. Personne ne sait réellement si les structures existantes et planifiées conviendront aux besoins futurs en eau, qu'ils soient agricoles, hydroélectriques, industriels ou municipaux, car elles reposent sur l'hypothèse que l'avenir sera semblable au passé, sur une compétence scientifique limitée en matière de transfert de processus d'une échelle à l'autre et une

compréhension incomplète des trajectoires et du sort des substances toxiques dans les eaux superficielles et souterraines. Les hydrologistes devront améliorer leurs modèles en étudiant les processus du cycle hydrologique et mettre au point de meilleures techniques de mise à l'échelle et d'intégration de leurs observations, s'ils veulent fournir aux Canadiens de meilleures prévisions sur la qualité de l'eau et son approvisionnement.

Changements majeurs dans l'utilisation des terres. L'expansion des villes, la perte de forêts et de terres agricoles, la mise en valeur du littoral, l'assèchement des terres humides et le recul de zones sauvages transforment l'hydrologie locale. Les séries de données qui s'étendent sur une longue période rendent possible la préparation de rapports sur les changements dans l'état de l'environnement et sont indispensables à la recherche pour établir une relation de cause à effet. Des données véritables sur le sous-sol sont aussi indispensables pour améliorer l'utilisation d'au moins un instrument important, soit la télédétection. Actuellement, elles sont inadéquates et incomplètes. Pour que la recherche soit valide et pratique, il faut améliorer l'information et les techniques de surveillance.

Répercussions des dérivations. Le changement climatique, les sécheresses dans les prairies et l'industrie hydroélectrique florissante ont ravivé l'intérêt pour la dérivation de rivières canadiennes vers les Grands Lacs, les régions arides ou des centrales. Les techniques nécessaires à de telles réalisations sont généralement simples, mais l'expérience nous a montré que les répercussions sociales, économiques et écologiques, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des bassins en question, sont très complexes. On devra effectuer des recherches hydrologiques avant que les décideurs soient en mesure d'évaluer adéquatement, et selon tous les points de vue, les avantages et les coûts de tels scénarios.

La figure 2 montre que chaque enjeu écologique majeur du présent est relié à une ou plusieurs priorités de recherche en hydrologie.

Les hydrologistes canadiens sont-ils prêts à faire face à ces enjeux?

Presque...quelques-uns des éléments essentiels à un changement rapide d'orientation de la recherche hydrologique sont déjà en place pour faire face aux nouveaux enjeux écologiques..

L'existence de structures et d'organismes canadiens à l'appui de l'hydrologie est le premier facteur favorisant l'adaptation de la recherche hydrologique. Le gouvernement fédéral administre l'Institut national de recherche en hydrologie, l'Institut national de recherche sur les eaux, l'Institut des eaux douces ainsi que divers programmes et divisions connexes à l'hydrologie au sein de la Direction générale des eaux intérieures et du Service de l'environnement atmosphérique d'Environnement Canada. Les ministères fédéraux de l'Agriculture et des Forêts participent également à certaines facettes de la recherche en hydrologie.

Au niveau provincial, le secteur de la recherche est habituellement relié à des besoins particuliers de gestion des eaux. Il existe des programmes de collecte et d'analyse de données aussi bien au niveau fédéral que provincial. Maintes universités canadiennes effectuent de la recherche fondamentale et appliquée; certaines ont fondé des centres spécialisés tels que le Westwater Institute de l'université de la Colombie-Britannique, l'Institut national de la recherche scientifique - eau de l'Université du Québec et le Centre for Groundwater Research de l'université de Waterloo, pour n'en nommer que trois. La recherche universitaire est financée principalement par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie.

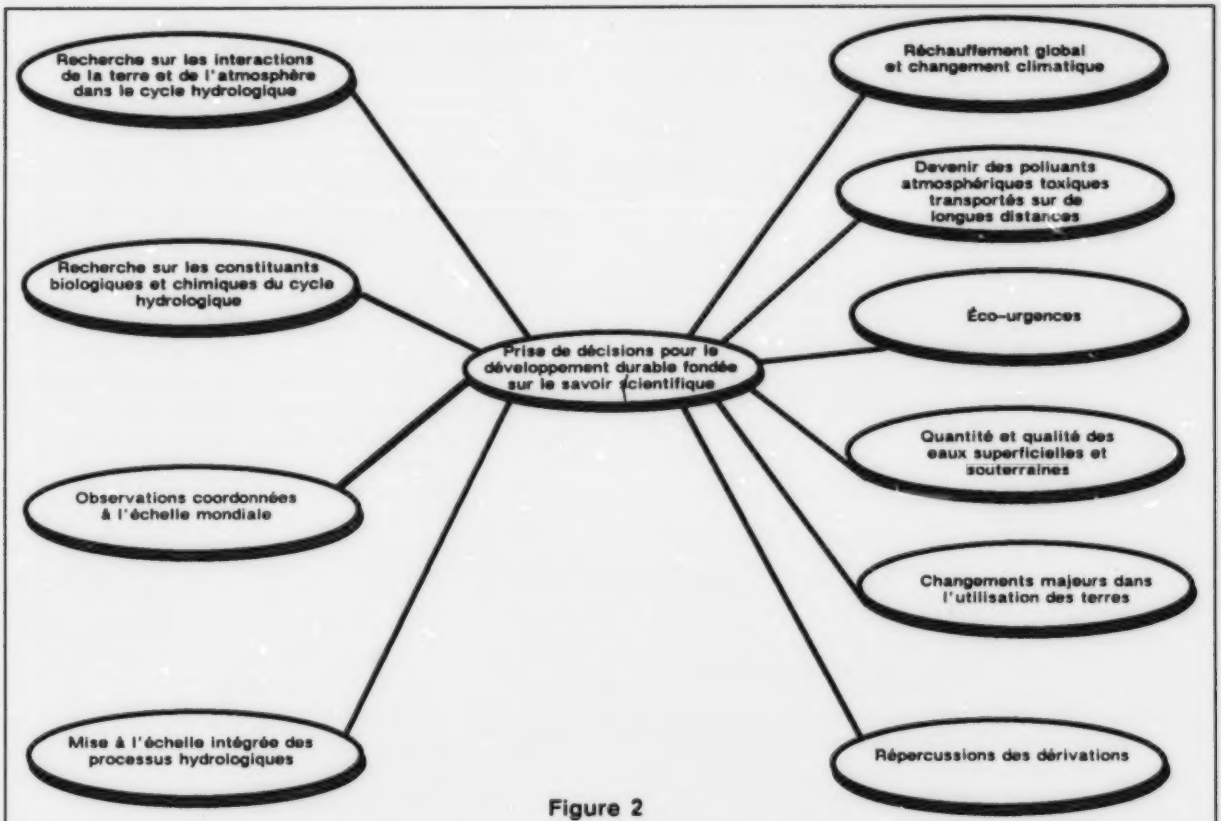

Figure 2

L'hydrologie canadienne : Face aux enjeux

Le Canada présente de nombreux avantages physiques qui se prêtent bien à des recherches productives sur le terrain, en complément aux recherches institutionnelles. La situation géographique de notre pays (ses écosystèmes nordiques fragiles, ses terres agricoles productives, ses chaînes de montagnes, ses régions semi-désertiques, ses forêts ombrophiles et ses centres industrialisés), son territoire immense et sa diversité hydroclimatique en font un laboratoire remarquable. Cependant, la géographie du Canada, vaste et variée, a besoin d'un cadre de scientifiques et une base de données exhaustive pour comprendre et évaluer son hydrologie.

Un autre facteur en faveur du Canada est la relation des chercheurs en hydrologie avec ceux des disciplines complémentaires, telles que les sciences atmosphériques, les sciences de la terre et la science océanique; la collaboration nationale et internationale entre ces domaines est essentielle pour résoudre la nouvelle génération de problèmes écologiques. Il existe une possibilité de renforcer ces liens et d'en créer de nouveaux avec des experts d'outre-mer par la participation à des programmes de recherche multidisciplinaire mondiaux tels que l'Expérimentation sur l'énergie du globe et de l'eau.

Le climat socio-politique du Canada favorise la recherche en hydrologie d'une manière de plus en plus prépondérante. Les rapports des médias et les études nationales montrent que le public canadien considère les recherches hydrologiques comme un secteur prioritaire. Tous les grands problèmes écologiques ont des répercussions sur l'alimentation en eau et sa qualité; de plus, grâce à l'eau, la population s'intéresse à des questions telles

que le changement climatique, les pluies acides et la gestion des substances toxiques. L'eau qui sort du robinet ou coule sous les ponts de nos villes est un indicateur exact de l'état de notre milieu. L'engagement croissant du gouvernement fédéral envers l'hydrologie et d'autres secteurs de la recherche sur l'environnement résulte de cette préoccupation majeure des Canadiens.

Le nouveau savoir-faire en hydrologie promet de fortes retombées. Les sciences de l'eau et les technologies connexes sont des biens exportables. Le Canada a une longueur d'avance : il bénéficie déjà d'une réputation internationale dans le domaine grâce à l'engagement de longue date de l'Agence canadienne de développement international dans les projets hydrologiques, l'excellence confirmée de nos scientifiques, ingénieurs hydrologistes, hydrogéologistes, limnologistes et agronomes, et grâce à notre renommée internationale de courtier honnête en technologie. Nous nous spécialisons dans les questions de la qualité et de la quantité des eaux superficielles et souterraines, et plus particulièrement dans les problèmes à court terme, propres à un site, de la gestion de l'eau, qui peuvent avoir des effets immédiats et parfois dévastateurs sur la vie quotidienne.

Vu le caractère planétaire des problèmes hydrologiques, on peut supposer que les activités internationales prendront une nouvelle dimension dans l'avenir. D'autres nations se tourneront vers le Canada avec des idées de projets coopératifs, ce qui nous permettra de puiser à un capital intellectuel et technologique sinon inaccessible.

Avantages actuels de nouveaux projets de recherche

- communauté diversifiée d'hydrologistes compétents;
- institutions, laboratoires et agences subvention;
- situation géographique, diversité physique;
- liens étroits avec les disciplines complémentaires et possibilité de contacts internationaux importants grâce à de nouveaux projets tels que l'Expérimentation sur l'énergie du globe et de l'eau;
- intérêt du public, engagement gouvernemental;
- réputation internationale en matière de savoir-faire hydrologique.

*Par ailleurs...*il existe des lacunes qu'il va falloir étudier.

Bien que l'on dispose du cadre institutionnel nécessaire pour intensifier la recherche, peu d'intervenants ont actuellement l'envergure et la solidité pour entreprendre des projets majeurs de portée nationale et internationale. La principale difficulté est de développer une stratégie coordonnée sur le plan des finances et de la gestion. Les fonds actuellement disponibles pour les projets interdisciplinaires reliés au cycle hydrologique sont très limités. Un plan visant à utiliser au mieux les dollars disponibles, et combiné à une stratégie pour réunir tous les intervenants (gouvernements, universités, centres de recherche) dans un effort de recherche coordonné est une nécessité impérieuse.

Le problème comporte aussi une dimension de spécialisation. Il n'y a pas suffisamment de chercheurs spécialisés en recherche hydrologique fondamentale comparativement à l'ampleur et à la complexité des enjeux auxquels nous faisons face. Les priorités de recherche de la plupart des établissements hydrologiques canadiens traitent de situations particulières à un site et se concentrent en sciences appliquées plutôt que sur les problèmes hydrologiques de base. Moyennant un financement, les scientifiques qui travaillent actuellement dans la recherche hydrologique appliquée, la gestion des eaux et dans les sciences connexes seraient probablement attirés par la recherche fondamentale.

Dans un premier temps, nous devons attirer et former la nouvelle génération d'hydrologistes canadiens. La situation frôle une étape critique en raison du vieillissement de la population active d'hydrologistes. Les derniers chiffres de la

Direction générale des eaux intérieures d'Environnement Canada révèlent que 38 % de ses chercheurs sont âgés de plus de 50 ans; en outre, le secteur n'a pas attiré suffisamment de nouvelles recrues au cours des 15 dernières années.

Deux conditions nuisent à l'établissement de la future base de compétences. La première est que l'hydrologie ne s'est pas encore imposée comme discipline distincte dans les universités. Les enjeux écologiques requièrent des diplômés possédant de solides connaissances des principes fondamentaux de l'hydrologie, et qui se considèrent comme des hydrologistes, et non comme des ingénieurs ou des géologues avec une certaine connaissance de l'hydrologie, mais leur faible effectif est actuellement inquiétant. La deuxième est que le Canada n'échappe pas au déclin général du nombre d'étudiants désireux d'entreprendre une carrière en sciences. Le U.S. National Research Council a rapporté récemment une chute des deux tiers dans les inscriptions en géosciences entre 1982 et 1987. On a instamment besoin d'éducateurs, de scientifiques et de responsables pour l'attribution de bourses en hydrologie dans les universités canadiennes.

Il faut également attirer l'attention sur une autre faiblesse de la communauté canadienne de chercheurs hydrologistes qui concerne notre géographie et nos caractéristiques démographiques. Les connaissances hydrologiques sont réparties inégalement dans le pays, même si l'hydrologie est une question qui touche toutes les régions. Le territoire étendu du Canada et sa population relativement petite, concentrée dans le sud, limitent notre capacité scientifique à étudier les questions hydrologiques de toutes les régions. Nous devons nous assurer que nos hydrologistes ont les ressources et les priorités pour rassembler des connaissances sur toutes les régions. Le problème réside dans le fait que des régions du pays dont nous connaissons très peu de choses sur l'hydrologie commencent à se développer, ce qui pourrait causer des lacunes dans l'évaluation des répercussions, et une telle ignorance pourrait ainsi entraîner une dégradation du milieu. Cette situation met en évidence le besoin d'améliorer les programmes de surveillance nationaux, de recueillir des données intégrées et de perfectionner toujours davantage l'utilisation hydrologique d'une nouvelle sorte d'information telle que des données obtenues par télédétection et à pondération spatiale.

Bref, même si le Canada est physiquement prêt à ouvrir ses portes à de nouvelles activités de recherche en hydrologie, il faudrait d'abord déblayer le chemin qui mène jusqu'à l'entrée.

Obstacles actuels aux nouveaux projets de recherche

- ***le manque de fonds :***
  pour la recherche hydrologique fondamentale et les projets interdisciplinaires;
- ***les contraintes de personnel :***
  peu de scientifiques se spécialisent dans les principes fondamentaux de l'hydrologie, et le bassin de chercheurs confirmés dans le domaine vieillit;
- ***limites de la formation :***
  l'hydrologie n'est pas considérée comme un domaine d'étude distinct, et les inscriptions en géosciences sont en baisse;
- ***limites géographiques :***
  de la répartition des connaissances en hydrologie et des programmes de surveillance.

UN DÉFI À RELEVER

En juin 1990, 24 sommités de la communauté canadienne d'hydrologistes se sont rencontrées à Saint John, Nouveau-Brunswick, sur l'invitation du Comité associé d'hydrologie du Conseil national de recherches en vue d'évaluer les besoins de recherche du Canada pour l'avenir et de discuter des priorités de recherche et de financement. Elles ont bénéficié de l'aide précieuse d'un éminent hydrologiste américain qui est sur le point de parachever une démarche similaire aux États-Unis.

Conscientes d'une part des événements qui ont cours dans leur domaine et, d'autre part, du besoin croissant de prévisions hydrologiques valables de l'échelle locale à l'échelle mondiale, ces personnes ont convenu des mesures à prendre dans l'immédiat, si le Canada veut trouver une réponse aux questions délicates de l'environnement et du développement durable auxquelles nous faisons tous face.

Le groupe de Saint John a cerné sept mesures à prendre pour combler les lacunes dans les connaissances hydrologiques de base et répondre aux besoins de communication, afin de susciter un intérêt renouvelé pour l'hydrologie fondamentale et, en même temps, préparer une réorganisation de la formation, de la collecte de données, des expériences et des communications. Il a qualifié cette liste de « plan d'action » car ce dernier doit rapidement être mis en oeuvre si l'on veut disposer d'avis pertinents en matière d'hydrologie.

Plan d'action pour la recherche hydrologique au Canada

1. **Dans les centres de recherche en hydrologie, accorder la priorité absolue aux points suivants :**
   - *interactions de la terre et de l'atmosphère dans le cycle hydrologique;*
   - *constituants biologiques et chimiques du cycle hydrologique;*
   - *observations coordonnées à l'échelle mondiale;*
   - *mise à l'échelle intégrée des processus hydrologiques.*

Interactions de la terre et de l'atmosphère.
Une nouvelle stratégie interdisciplinaire doit mettre l'accent sur ce qui se produit aux frontières de l'eau, de la terre et de l'air. Les recherches ont été traditionnellement compartimentées selon qu'elles étaient aquatiques, terrestres ou atmosphériques. Cette approche est improductive lorsque la recherche porte sur des sujets tels que le réchauffement global, la contamination par des substances toxiques et d'autres conséquences des activités humaines sur les écosystèmes, qui concernent plusieurs branches des géosciences.

Le Canada a besoin de scientifiques qui comprennent à fond les processus pertinents tels que la rétroaction des émissions de méthane lors du dégel du pergélisol, et qui peuvent les prévoir de manière sûre. Il a besoin de scientifiques qui saisissent le rôle des différents terrains, soumis à l'influence de la nature et de l'homme, dans les phases gazeuses, liquides et solides du cycle de l'eau.

Pour relever ce défi, les hydrologistes doivent approfondir l'étude des liens entre les processus hydrologiques atmosphériques et terrestres, pour ensuite travailler avec leurs collègues d'autres disciplines à l'élaboration de bons modèles prévisionnels. Ils doivent immédiatement s'attaquer à cette tâche.

Constituants biologiques et chimiques du cycle hydrologique.
En fin de compte, ce sont ces processus qui déterminent les caractéristiques de l'eau disponible pour toutes les formes de vie, y compris l'homme. L'eau est un solvant et un véhicule, et sa nature change constamment, à des rythmes variant selon la trajectoire, le temps de séjour et les caractéristiques des matériaux parentaux et polluants. Les hydrologistes doivent fournir des informations sur les trajectoires et les temps de séjour, ni l'une ni l'autre de ces notions n'étant bien comprise, avant que les scientifiques d'autres disciplines puissent commencer à décrire les rétroactions des influences chimiques et

biologiques. Ce domaine de recherche fournira des connaissances pertinentes pour une vaste gamme de questions écologiques.

Observations coordonnées à l'échelle mondiale.
L'eau et ses contaminants ne reconnaissent pas les frontières politiques. Les irrégularités régionales telles que celles causées par le transport des polluants atmosphériques sur de longues distances ont souvent des répercussions sur toute la planète. Les conférences internationales, les rapports tels que celui publié par la Commission Brundtland en 1987, les organismes bilatéraux tels que la Commission mixte internationale et les foires commerciales comme Globe 90 font ressortir la dimension internationale de la question écologique, mais ils doivent être appuyés par des programmes de surveillance coordonnés qui suivent les tendances interfrontalières de l'état de l'environnement et les conséquences des problèmes communs.

Le Canada doit entreprendre une surveillance intégrée, compatible et coordonnée avec celle des autres pays. En outre, ce sont les régions septentrionales qui subiront vraisemblablement le plus grand changement climatique; le Canada a donc beaucoup à gagner des programmes de recherche mondiaux. En apportant au monde ses données et son expérience portant sur de grandes étendues du territoire polaire, notre pays peut contribuer grandement à la science globale et, en même temps, apprendre des autres.

Mise à l'échelle intégrée des processus hydrologiques.
Les hydrologistes commencent à peine à pouvoir transposer les données et les observations d'une échelle à l'autre. Pourtant, il devient de plus en plus essentiel de découvrir les lois fondamentales qui régissent les processus, applicables à toutes les échelles, des petites parcelles de terrain aux régions hydrologiques homogènes. Le temps est venu d'apprendre des moyens pratiques et souples permettant d'adapter les connaissances à d'autres contextes, grands ou petits. Les faits vérifiés en hydrologie doivent pouvoir s'appliquer à toute une variété de questions, des conséquences des phénomènes météorologiques extrêmes à la validation des modèles de changement global.

Pour atteindre ces objectifs, les scientifiques canadiens doivent approfondir leurs connaissances des processus de base. Leurs recherches doivent être axées sur la physique des processus plutôt que sur la description empirique des corrélations, dont on ne sait pas si elles ont un rapport direct de cause à effet. Ensuite, ils doivent combiner ces nouvelles connaissances à de meilleures techniques de mesure et d'intégration des données, pour ainsi améliorer leur capacité à quantifier les processus hydrologiques sur différentes échelles de temps et d'espace. Les vérifications d'hypothèses sur une petite échelle, la recherche et les études de milieu centrées sur un bassin, de même que les expériences de grande envergure, rendues possibles grâce à d'importants projets de mise en valeur des ressources, sont toutes nécessaires. L'un des résultats les plus importants sera la modernisation et le perfectionnement des outils essentiels de l'hydrologiste : ses modèles scientifiques.

2. **Élaborer un programme national de formation qui permettra de satisfaire les besoins projetés de compétences en hydrologie.**

Vu la baisse générale des inscriptions en sciences à l'université, la faible popularité de l'hydrologie parmi les géosciences et le vieillissement des hydrologistes canadiens, il faut élaborer une stratégie innovatrice pour encourager les étudiants qui ont les qualités requises pour entreprendre une carrière en hydrologie. Cette stratégie doit, entre autres, avoir pour but d'attirer et de former des jeunes des niveaux secondaire, collégial et du premier cycle universitaire. Tout d'abord, les hydrologistes, les éducateurs, les chercheurs et les praticiens doivent établir ce qui est nécessaire à la promotion de l'hydrologie comme géoscience distincte et à l'accroissement des inscriptions aux programmes universitaires d'hydrologie.

3. **Établir un programme intégré de surveillance de l'environnement à l'échelle nationale, en collaboration avec les gestionnaires de programmes et les décideurs qui utiliseront les séries de données.**

Le public, les décideurs, les responsables en matière de gestion de l'environnement et les chercheurs commencent tous à reconnaître, une fois de plus, le besoin de vastes séries de données intégrées à long terme pour faire face aux problèmes écologiques complexes et aux questions de développement durable. Les données fiables et pertinentes servent de base à la recherche fondamentale et appliquée sur le fonctionnement des écosystèmes, aux rapports sur l'état de l'environnement et à la prévision des tendances. Les ressources en eau sont l'un des principaux indicateurs de la santé de l'environnement et de la durabilité économique; ces séries de données doivent donc inclure un élément capital d'hydrologie.

Les données hydrologiques étaient autrefois recueillies par le service de la conception et des inventaires, sous la direction de la gestion des eaux. L'étendue du Canada a toujours rendu le prélèvement, le stockage et l'analyse de cette information difficiles et coûteux. Au cours des deux dernières décennies, les obstacles financiers à la surveillance systématique se sont généralement révélés écrasants.

La collecte de données a cédé le pas à des besoins de recherche plus commodes et à plus brève échéance, ainsi qu'à l'opinion contestable que les techniques de pointe, comme la télédétection, combleront tous les besoins de données dans l'avenir; une telle imprévoyance entravera la recherche. On a également négligé d'effectuer des levés et des recherches sur la modélisation afin de déterminer précisément quelles données doivent être recueillies, ce qui peut être synthétisé par les modèles et ce qu'il est inutile de mesurer. Il faut mener ces recherches de toute urgence si l'on veut fournir une base solide à la rationalisation des futurs programmes conventionnels ou faisant appel à la nouvelle technologie.

Les programmes nationaux de surveillance de l'environnement ont pour but d'amasser des données intégrées sur les constituants de l'air, du sol et de l'eau. Les derniers progrès en télédétection et en transmission de données rendent la collecte d'information plus pratique que jamais; cependant, la surveillance est une activité tellement vaste et coûteuse qu'il faut la gérer avec soin, selon des buts précis et l'utilisation finale des données.

4. **Étendre et améliorer les applications de la nouvelle technologie pour déterminer l'apport hydrologique dans l'évolution globale de l'environnement.**

Il existe ou l'on prévoit un certain nombre de systèmes de télédétection qui fourniront des données pour l'étude de la transformation de l'environnement et de la planète, dont un système d'observation de la terre utilisant des plates-formes spatiales appartenant aux États-Unis, au Japon et à la Communauté européenne, ainsi qu'un système pour l'étude de la cryosphère, fruit d'un effort international axé sur la neige et la glace. Ces systèmes procurent des données sophistiquées qui peuvent se prêter à des mesures en laboratoire et sur le terrain, à la création de modèles et à l'analyse de données. S'ils veulent pouvoir exploiter pleinement le potentiel de ces nouveaux systèmes puissants, les hydrologistes doivent immédiatement intensifier leurs efforts dans la mise au point de modèles du cycle hydrologique qui peuvent utiliser des renseignements d'échelles et de sources diverses, y compris les données obtenues par télédétection et autres données à pondération spatiale.

Des vérifications sur le terrain sont nécessaires pour traduire les données recueillies par télédétection en information hydrologique utile et facilement applicable. C'est une compétence que les chercheurs canadiens doivent perfectionner. De plus, il faut déterminer les applications les plus importantes des données, les mettre au point et les normaliser; dans ce domaine, les normes de contrôle de la qualité et de gestion de données sont toujours strictes.

5. **Améliorer les communications entre les hydrologistes de la communauté nationale et internationale et dans l'administration publique.**

   Il n'a jamais été aussi vital pour les hydrologistes de se parler. Ils font face à des enjeux écologiques de taille, et les seules réponses apportées sont très préliminaires. Les hydrologistes canadiens doivent continuer d'analyser la mission à remplir, de la traduire en actions concrètes, de partager les responsabilités pour ces actions, d'entreprendre de nouvelles activités, de s'informer les uns les autres des progrès réalisés et de devenir des conseillers en matière de politique.

   Il est aussi essentiel d'améliorer les communications avec les hydrologistes de la communauté internationale. Les contacts avec des collègues d'autres pays permettront aux hydrologistes canadiens de tâter le pouls des projets internationaux et de surveiller les nouvelles possibilités qui s'offrent outre-mer aux entreprises canadiennes. Les hydrologistes canadiens seront mieux en mesure de définir leurs objectifs de recherche. Les scientifiques d'autres pays réussiraient peut-être mieux à combler certaines des failles au plan des connaissances et des communications. Des relations permanentes avec ces scientifiques permettront de fixer des objectifs éclairés et d'utiliser au mieux les ressources canadiennes pour résoudre les problèmes qui nous préoccupent, de l'échelle locale à l'échelle planétaire.

6. **Créer de nouveaux fonds pour la recherche interdisciplinaire en hydrologie comportant une dimension socio-économique.**

   Les éléments aquatiques, terrestres et atmosphériques des écosystèmes sont unis par une série de liens et d'équilibres complexes. Par conséquent, les sciences à la base de la gestion du milieu et des politiques environnementales comprennent une bonne part de recherche interdisciplinaire. Les projets requièrent un travail d'équipe et une coopération parmi les diverses branches des géosciences.

   Il faut reconnaître l'importance de la recherche interdisciplinaire pour les études environnementales en général et pour l'hydrologie en particulier; il faut promouvoir cette recherche et la financer adéquatement. Le temps est venu pour le gouvernement fédéral de jouer un rôle de chef de file et de financer la recherche universitaire dans des programmes interdisciplinaires liés aux questions hydrologiques, par le biais d'Environnement Canada et d'organismes de financement tels que le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie. L'entreprise privée profitera aussi de ce genre de recherche interdisciplinaire et doit donc être convaincue d'apporter son soutien financier à des projets particuliers. Il faudrait également explorer la possibilité d'autres types de financement par le secteur privé.

7. **Créer un fonds pour la participation canadienne aux programmes de recherche mondiaux.**

   Les programmes internationaux de recherche multidisciplinaire tels que l'Expérimentation sur l'énergie du globe et de l'eau, qui étudient des problèmes d'envergure mondiale, sont un nouvel élément important sur la scène de la recherche environnementale. Le Canada a beaucoup à gagner de ces efforts, mais il peut aussi beaucoup apporter. Ces programmes, portant sur des problèmes mondiaux ou régionaux majeurs, seront le catalyseur de l'émergence d'un nouveau savoir-faire capital et de connaissances dont l'urgence est impérieuse; ils favoriseront aussi la communication entre experts internationaux, une plus grande conscience mondiale et une meilleure formulation des politiques des nations participantes.

   Les Canadiens (scientifiques, conseillers en matière de politiques, universitaires et autres intervenants) doivent participer à ces programmes. À cette fin, le gouvernement fédéral doit jouer un rôle de bailleur de fonds, par le biais d'Environnement Canada et du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie.

Ces sept mesures mèneront la recherche hydrologique au coeur des questions et des débats écologiques entourant les nombreux choix essentiels que nous devons faire pour nous assurer un futur durable. Le temps est venu pour

l'hydrologie de relever le défi écologique d'aujourd'hui, pour les scientifiques canadiens en poste dans les laboratoires, dans les universités et dans les services de recherche, de promouvoir des orientations politiques compatibles avec la réalité sociale, écologique et hydrologique.

ÉPILOGUE

Au Canada, la réorientation et l'encouragement de la recherche hydrologique dans les années 1990 sont essentiels si nous voulons pouvoir soutenir la biosphère et assurer le succès des décideurs qui luttent pour le développement durable. Notre but, améliorer nos connaissances du cycle hydrologique, moteur de la vie, et des répercussions des activités humaines se réduit à mettre la science au service de l'humanité.

ANNEXE A

RÉUNION SPÉCIALE POUR L'ÉVALUATION DES BESOINS DE RECHERCHE EN HYDROLOGIE AU CANADA

Ce rapport est basé sur les recommandations, élaborées à l'unanimité par 25 experts canadiens et internationaux en recherche hydrologique à une réunion spéciale tenue à Saint John, Nouveau-Brunswick, du 19 au 20 juin 1990. La réunion avait été organisée par le Comité associé d'hydrologie du Conseil national de recherches du Canada.
Le document de référence de la réunion contenait des énoncés préliminaires portant sur la recherche future, les dernières perceptions des problèmes et des besoins, l'évaluation des besoins de recherche afin d'évaluer les priorités et les capacités nationales en matière de recherche hydrologique. La section consacrée aux dernières perceptions des problèmes et des besoins contenait des informations sur 12 problèmes internationaux (mentionnés avec les programmes et les comités) allant de l'étude de l'atmosphère et de la forêt boréale au Programme international géosphère-biosphère, y compris le Programme hydrologique international. Elle contenait également des renseignements sur neuf réunions et rapports canadiens pertinents, tels que l'atelier sur le changement climatique et les ressources aquatiques tenu à Saskatoon, en 1989, et **Water Research to 2020 : Issues and Opportunities**, écrit en 1986.

Ci-dessous figure la liste des professionnels qui ont participé à cette réunion spéciale et aidé à formuler le plan d'action pour la recherche hydrologique au Canada.

B. Burrell	Direction de la planification des ressources en eau Ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick
P. Campbell	Institut national de la recherche scientifique-eau Université du Québec
C. H. Coulson	Water Management Branch British Columbia Ministry of the Environment
N. Cutler	Service de l'environnement atmosphérique Environnement Canada
R.J. Daley	Institut national de recherche sur les eaux Environnement Canada
D. Daugharty	Département des ressources forestières Université du Nouveau-Brunswick
T. M. Dick	Institut national de recherche en hydrologie Environnement Canada
P. Eagleson	Department of Civil Engineering Massachusetts Institute of Technology
B. Goodison	Centre climatologique canadien Service de l'environnement atmosphérique

D. Gray	Division of Hydrology University of Saskatchewan
F. Guimont	Conservation et Protection Environnement Canada
A. Hamilton	Commission mixte internationale
T. Hennigar	Association canadienne des ressources hydriques
E. Hetherington	Centre forestier du Pacifique Forêts Canada
R. Lawford	La Société canadienne de météorologie et d'océanographie
T. Marta	Secrétariat Comité associé d'hydrologie
C. Mase	Ground Water Research Centre University of Waterloo
G. McKay	Conseiller
W. Nicholaichuk	Institut national de recherche en hydrologie Environnement Canada
M. Slivitzky	Centre Saint-Laurent Environnement Canada
J. Stein	Département des sciences forestières Université Laval
C. Topp	Centre de recherches sur les terres Agriculture Canada
T. Winkler	Secrétariat Comité associé d'hydrologie
C. Wright	Secrétariat Comité associé d'hydrologie
G. Young	Cold Regions Research Centre Wilfrid Laurier University